

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-136575

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月21日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 4 N 5/262

H 0 4 N 5/262

G 0 3 B 15/00

G 0 3 B 15/00

H

15/08

15/08

Z

G 0 6 T 1/00

H 0 4 N 5/225

Z

H 0 4 N 5/225

G 0 6 F 15/64

M

審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-232181

(71) 出願人 000006747

(22) 出願日 平成10年(1998) 8月19日

株式会社リコー

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号

(31) 優先権主張番号 特願平9-237854

(72) 発明者 北口 貴史

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式  
会社リコー内

(32) 優先日 平 9 (1997) 8 月 20 日

(72) 発明者 村田 憲彦

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式  
会社リコー内

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

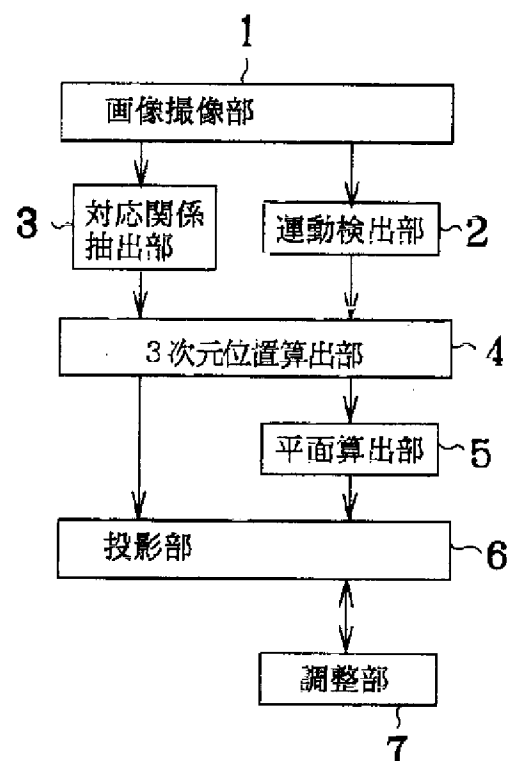
(74) 代理人 弁理士 小島 俊郎

(54) 【発明の名称】 撮像装置及び撮像画像合成方法

(57) 【要約】

【課題】分割画像を合成する際の歪を軽減して高精細な平面画像を入力する。

【解決手段】画像撮像部 1 は一部が重複するようにして異なる視点から入力対象平面を撮像する。運動検出部 2 は各視点における画像撮像部 1 の姿勢角変化と視点の位置の変化を検出する。対応関係抽出部 3 は先に撮像した画像から複数の特徴点を抽出し、次ぎに撮像した画像の対応点を抽出する。3次元位置算出部 4 は検出した姿勢角と視点の位置の変化と抽出した特徴点及び対応点を基に各特徴点の3次元位置を算出する。平面算出部 5 は各特徴点が存在する平面の情報を示す平面方程式を算出する。投影部 6 は各視点における姿勢角と位置の変化と平面算出部 5 が算出した平面の情報を基に、撮像した各画像を任意の同一画像面に投影して複数の視点から撮像した画像を合成し、入力対象平面上の画像を復元する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 画像撮像部と運動検出部と対応関係抽出部と3次元位置算出部と平面算出部と投影部を有し、画像撮像部は先に撮像した画像と一部が重複するようにして複数の視点から入力対象平面を撮像し、運動検出部は画像撮像部による各撮像の際の視点における画像撮像部の角度である姿勢角の変化及び視点の位置の変化を検出し、

対応関係抽出部はある視点で撮像した画像の重複部分から複数の特徴点を抽出し、他の視点で撮像した画像上の特徴点に相当する対応点を抽出し、

3次元位置算出部は運動検出部が検出した姿勢角変化と視点位置変化及び対応関係抽出部が抽出した特徴点と対応点を基に各特徴点の3次元位置を算出し、平面算出部は対応関係抽出部が抽出した各特徴点が同一平面上にあるものとして、3次元位置算出部が計測した各特徴点及び各対応点の3次元位置を基に各特徴点が存在する平面の情報を算出し、

投影部は運動検出部が検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに平面算出部が算出した平面の情報を基に、画像撮像部が撮像した各画像を任意の同一画像面に投影して複数の視点から撮像した画像を合成することを特徴とする撮像装置。

【請求項2】 画像撮像部と姿勢検出部と対応関係抽出部と並進運動検出部と3次元位置算出部と平面算出部と投影部を有し、

画像撮像部は先に撮像した画像と一部が重複するようにして複数の視点から入力対象平面を撮像し、姿勢検出部は画像撮像部による各撮像の際の視点における画像撮像部の角度である姿勢角を検出し、

対応関係抽出部はある視点で撮像した画像の重複部分から複数の特徴点を抽出し、他の視点で撮像した画像上の特徴点に相当する対応点を抽出し、

並進運動検出部は姿勢検出部が検出した姿勢角並びに対応関係抽出部が抽出した特徴点及び対応点を基に画像撮像部の並進運動成分を検出し、

3次元位置算出部は姿勢検出部が検出した姿勢角と対応関係抽出部が抽出した特徴点と対応点及び並進運動検出部が検出した並進運動成分を基に各特徴点の3次元位置を算出し、

平面算出部は対応関係抽出部が抽出した各特徴点が同一平面上にあるものとして、3次元位置算出部が計測した各特徴点の3次元位置を基に各特徴点が存在する平面の情報を算出し、

投影部は姿勢検出部が検出した姿勢角、並進運動検出部が検出した各特徴点の並進運動成分並びに平面算出部が算出した平面の情報を基に、画像撮像部が撮像した各画像を任意の同一画像面に投影して複数の視点から撮像した画像を合成することを特徴とする撮像装置。

【請求項3】 上記姿勢検出部は互いに直交する2軸方

向又は3軸方向の磁気を検出する磁気検出部を備える請求項2記載の撮像装置。

【請求項4】 上記姿勢検出部は互いに直交する2軸方向又は3軸方向の磁気を検出する磁気検出部と重力方向を検出する重力方向検出部とを備える請求項2記載の撮像装置。

【請求項5】 上記姿勢検出部は互いに直交する2軸周り又は3軸周りの角速度を検出する角速度検出部を備える請求項2記載の撮像装置。

【請求項6】 上記各視点において撮像した入力対象平面の画像を投影した際にその重複部分の相互相関値が最大になるように投影位置及びスケールを微調整する調整部を有する請求項1乃至5のいずれかに記載の撮像装置。

【請求項7】 画像撮像部と位置検出部と対応関係抽出部と3次元位置算出部と平面算出部及び投影部を有し、画像撮像部は先に撮像した画像と一部が重複するようにして複数の視点から入力対象平面を撮像し、位置検出部は複数の視点における画像面の位置と姿勢角を検出し、

対応関係抽出部はある視点で撮像した画像の重複部分から複数の特徴点を抽出し、他の視点で撮像した画像上の特徴点に相当する対応点を抽出し、

3次元位置算出部は位置検出部が検出した複数の視点における画像面の位置と姿勢角及び対応関係抽出部が抽出した特徴点と対応点を基に特徴点に相当する入力対象平面上の各点の3次元位置を算出し、

平面算出部は3次元位置算出部で算出した入力対象平面上の各点の3次元位置から、入力対象平面上の各点を通る平面の情報を示す平面方程式を算出し、

投影部は平面算出部で算出した平面方程式で表せられる画像面に各視点で得られた撮像画像を再投影して画像を合成することを特徴とする撮像装置。

【請求項8】 上記位置検出部は各視点における画像撮像部の姿勢角を算出する姿勢算出部と、算出した姿勢角の各視点で得られた画像面の基準座標系に対する姿勢角を算出し、算出した画像面の基準座標系に対する姿勢角と対応関係抽出部で得られた対応関係により画像撮像部の並進移動成分を算出する並進計算部を有する請求項7記載の撮像装置。

【請求項9】 上記位置検出部は画像撮像部が視点を移動するときの姿勢角の変化と並進移動成分を検出する運動検出部と、検出した姿勢角の変化と並進移動成分に基づき各視点で得られた画像面の基準座標系に対する位置と姿勢を算出する位置姿勢計算部を有する請求項7記載の撮像装置。

【請求項10】 上記位置検出部は対応関係抽出部で得られた複数の特徴点と対応点の位置関係から視点間の姿勢変化と並進移動を算出する運動計算部からなる請求項7記載の撮像装置。

【請求項11】 上記姿勢検出部が加速度センサと磁気方位センサとジャイロのいずれか又はそれらの組み合わせである請求項8記載の撮像装置。

【請求項12】 上記運動検出部が加速度センサとジャイロである請求項9記載の撮像装置。

【請求項13】 上記投影部で再投影するときに、隣接画像間で位置合わせを行う請求項7乃至12のいずれかに記載の撮像装置。

【請求項14】 画像撮像部と3次元位置検出部と平面算出部と投影部及び再調整部を有し、画像撮像部は複数の視点から入力対象平面を撮像し、3次元位置検出部は入力対象平面の複数の点の距離を計測して入力対象平面上の複数点の3次元位置を検出し、平面算出部は3次元位置検出部で検出した入力対象平面上の複数点の3次元位置から、各視点毎に入力対象平面上の各点を通る平面の情報を示す平面方程式を算出し、投影部は平面算出部で算出した平面方程式で表せられる画像面に各視点で得られた撮像画像を再投影して画像を合成し、再調整部は投影部で画像を合成するときに各画像面の位置と姿勢を調整することを特徴とする撮像装置。

【請求項15】 画像撮像部と3次元位置検出部と姿勢検出部と平面算出部と投影部及び再調整部を有し、画像撮像部は複数の視点から入力対象平面を撮像し、3次元位置検出部は入力対象平面の複数の点の距離を計測して入力対象平面上の複数点の3次元位置を検出し、姿勢検出部は各視点における画像撮像部の姿勢角を検出し、平面算出手段は3次元位置検出部で検出した入力対象平面上の点の3次元位置と姿勢検出部で検出した各視点における画像撮像部の姿勢角とから、各視点毎に入力対象平面上の各点を通る平面の情報を示す平面方程式を算出し、投影部は平面算出部で算出した平面方程式で表せられる画像面に各視点で得られた撮像画像を再投影して画像を合成し、再調整部は投影部で画像を合成するときに各画像面の位置と姿勢を調整することを特徴とする撮像装置。

【請求項16】 上記3次元位置検出部は測距センサからなる請求項14又は15記載の撮像装置。

【請求項17】 上記3次元位置検出部は入力対象平面上の点が画像面で合焦するときのレンズと画像面の位置より入力対象平面の複数の点の距離を算出する請求項14又は15記載の撮像装置。

【請求項18】 先に撮像した画像と一部が重複するようにして複数の視点から入力対象平面を撮像し、各撮像の際の視点における撮像角度である姿勢角の変化及び視点の位置の変化を検出し、先に撮像した画像から複数の特徴点を抽出し、特徴点を抽出した画像の次ぎに撮像した画像において先の画像で抽出した特徴点に対応する点

である対応点を抽出し、検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに抽出した特徴点及び対応点を基に各特徴点の3次元位置を算出し、抽出した各特徴点が同一平面上にあるものとして、計測した各特徴点の3次元位置を基に各特徴点が存在する平面の情報を算出し、検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに算出した平面の情報を基に、入力対象平面を撮像した各画像を任意な同一画像面に投影して、複数の視点から撮像した画像を合成することを特徴とする撮像画像合成方法。

【請求項19】 先に撮像した画像と一部が重複するようにして複数の視点から入力対象平面を撮像し、各撮像の際の視点における撮像角度である姿勢角を検出し、先に撮像した画像から複数の特徴点を抽出し、特徴点を抽出した画像の次ぎに撮像した画像において先の画像で抽出した特徴点に対応する点である対応点を抽出し、検出した姿勢角並びに抽出した特徴点及び対応点を基に視点を変えたときの並進運動成分を検出し、検出した姿勢角と抽出した特徴点と対応点及び視点を変えたときの並進運動成分を基に各特徴点の3次元位置を算出し、抽出した各特徴点が同一平面上にあるものとして、計測した各特徴点の3次元位置を基に各特徴点が存在する平面の情報を算出し、検出した姿勢角、算出した平面の情報並びに検出した各特徴点の並進運動成分を基に、入力対象平面を撮像した各画像を任意な同一画像面に投影して、複数の視点から撮像した画像を合成することを特徴とする撮像画像合成方法。

【請求項20】 先に撮像した画像と一部が重複するようにして複数の視点から入力対象平面を撮像し、複数の視点における画像面の位置と姿勢角を検出し、ある視点で撮像した画像の重複部分から複数の特徴点を抽出し、他の視点で撮像した画像上の特徴点に相当する対応点を抽出し、検出した複数の視点における画像面の位置と姿勢角及び抽出した特徴点と対応点を基に特徴点に相当する入力対象平面上の各点の3次元位置を算出し、算出した入力対象平面上の各点の3次元位置から、入力対象平面上の各点を通る平面の情報を示す平面方程式を算出し、算出した平面方程式で表せられる画像面に各視点で得られた撮像画像を再投影して画像を合成することを特徴とする撮像画像合成方法。

【請求項21】 上記各視点において撮像した入力対象平面の画像の重複部分の相互相関値が最大になるように投影位置及びスケールを微調整する請求項18、19又は20記載の撮像画像合成方法。

【請求項22】 複数の視点から入力対象平面を撮像し、入力対象平面の複数の点の距離を計測して入力対象平面上の複数点の3次元位置を検出し、検出した入力対象平面上の複数点の3次元位置から、各視点毎に入力対象平面上の各点を通る平面の情報を示す平面方程式を算出し、算出した平面方程式で表せられる画像面に各視点で得られた撮像画像を再投影して画像を合成し、画像を

合成するときに各画像面の位置と姿勢を調整することを特徴とする撮像画像合成方法。

【請求項23】 複数の視点から入力対象平面を撮像し、入力対象平面の複数の点の距離を計測して入力対象平面上の複数の点の3次元位置を検出し、各視点で撮像するときの画像撮像部の姿勢角を検出し、検出した入力対象平面上の点の3次元位置と検出した各視点における画像撮像部の姿勢角とから、各視点毎に入力対象平面上の各点を通る平面の情報を示す平面方程式を算出し、算出した平面方程式で表せられる画像面に各視点で得られた撮像画像を再投影して画像を合成し、画像を合成するときに各画像面の位置と姿勢を調整することを特徴とする撮像画像合成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は入力対象平面上の画像を一部が重なるようにして複数回撮像し、撮像した各画像を1画面上に合成して復元する撮像装置及び撮像画像合成方法、特に撮像対象となる入力対象平面が大きい場合等に分割した画像の歪を軽減して、高精細な平面画像の合成に関するものである。

【0002】

【従来の技術】平面上の文字又は写真を簡便、且つ、高精度に入力及び復元する装置が求められている。A4サイズ又はA3サイズ等の通常サイズの紙面上の画像の場合には複写機又はスキャナ等で高精度な画像入力が可能である。このように複写機又はスキャナ等は通常サイズの紙面上の画像を高精度に読み込むことができるが、大きな紙面上の情報、壁に書かれた情報又はパネルに掲げられた情報等のように大きい画像あるいは動かすことのできない媒体に描かれた画像等を入力することができない。そこで、電子カメラを用いてこれらの大きい画像あるいは動かすことのできない媒体に描かれた画像などを入力する装置として、例えば特開平6-141228号公報に示された電子カメラや特開平9-90530号公報に示されたパノラマ画像合成装置等が使用されている。

【0003】特開平6-141228号公報に示された電子カメラは、被写体像を撮影レンズ及び鏡を介して撮像素子上に結像し、前画像の一部に現画像の一部が重なるように被写体像を間欠的に複数回取り込み、現画像を前画像に適切に接続する位置に移動している。また、特開平9-90530号公報に示されたパノラマ画像合成装置は、画像を合成するためのパラメータを算出し、算出したパラメータに基づいて画像を合成することにより、電子カメラの分割画像から高精度な画像を得ようとしている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平6-141228号公報に掲載された電子カメラでは、

鏡及びその駆動機構が必要となり、装置規模が大きくなるので、通常の電子カメラに搭載することは困難である。

【0005】また、原稿又はパネル上の画像を撮像する場合、カメラと被写体との距離は近ため、特開平9-90530号公報に掲載されたパノラマ画像合成装置では、カメラの並進移動による透視投影の影響により合成画像に歪が生じる。また、人間が電子カメラを保持しているため任意に回転が画像に生じ、これが合成画像の歪の原因になる。

【0006】この発明はかかる短所を解消するためになされたものであり、分割画像を合成する際の歪を軽減することにより、簡便、且つ、高精細な平面画像を入力することができる撮像装置及び撮像画像合成方法を提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明に係る撮像装置は、画像撮像部と運動検出部と対応関係抽出部と3次元位置算出部と平面算出部と投影部を有し、画像撮像部は先に撮像した画像と一部が重複するようにして複数の視点から入力対象平面を撮像し、運動検出部は画像撮像部による各撮像の際の視点における画像撮像部の角度である姿勢角の変化及び視点位置の変化を検出し、対応関係抽出部は先に撮像した画像から複数の特徴点を抽出し、特徴点を抽出した画像の次ぎに撮像した画像において先の画像で抽出した特徴点に対応する点である対応点を抽出し、3次元位置算出部は運動検出部が検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに対応関係抽出部が抽出した特徴点及び対応点を基に各特徴点の3次元位置を算出し、平面算出部は対応関係抽出部が抽出した各特徴点が同一平面上にあるものとして、3次元位置算出部が計測した各特徴点の3次元位置を基に各特徴点が存在する平面の情報を算出し、投影部は運動検出部が検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに平面算出部が算出した平面の情報を基に、画像撮像部が撮像した入力対象平面の各画像を任意な同一画像面に投影して、複数の視点から撮像した各画像を合成して、入力対象平面上の画像を復元することを特徴とする。

【0008】この発明に係る第2の撮像装置は、画像撮像部と姿勢検出部と対応関係抽出部と並進運動検出部と3次元位置算出部と平面算出部と投影部を有し、画像撮像部は先に撮像した画像と一部が重複するようにして複数の視点から入力対象平面を撮像し、姿勢検出部は画像撮像部による各撮像の際の視点における画像撮像部の角度である姿勢角を検出し、対応関係抽出部は先に撮像した画像から複数の特徴点を抽出し、特徴点を抽出した画像の次ぎに撮像した画像において先の画像で抽出した特徴点に対応する点である対応点を抽出し、並進運動検出部は姿勢検出部が検出した姿勢角並びに対応関係抽出部が抽出した特徴点及び対応点を基に画像撮像部の並進運

動成分を検出し、3次元位置算出部は姿勢検出部が検出した姿勢角、対応関係抽出部が抽出した特徴点及び対応点並びに並進運動検出部が検出した並進運動成分を基に各特徴点の3次元位置を算出し、平面算出部は対応関係抽出部が抽出した各特徴点が同一平面上にあるものとして、3次元位置算出部が計測した各特徴点の3次元位置を基に各特徴点が存在する平面の情報を算出し、投影部は姿勢検出部が検出した姿勢角、並進運動検出部が検出した各特徴点の並進運動成分並びに平面算出部が算出した平面の情報を基に、画像撮像部が撮像した入力対象平面の各画像を任意な同一画像面に投影し、姿勢角の変化による影響を取り除いて、複数の視点から撮像した画像をさらに正確に合成することを特徴とする。

【0009】上記姿勢検出部は互いに直交する2軸方向又は3軸方向の磁気を検出する磁気検出部を備えることにより、簡単、且つ、正確に画像撮像部の各撮像の際の姿勢角を検出する。

【0010】また、上記姿勢検出部は互いに直交する2軸方向又は3軸方向の磁気を検出する磁気検出部と重力方向を検出する重力方向検出部とを備えることにより、より正確に画像撮像部の各撮像の際の姿勢角を検出する。

【0011】さらに、上記姿勢検出部は互いに直交する2軸周り又は3軸周りの角速度を検出する角速度検出部を備えることにより、磁気の検出が困難な場合であっても簡単に画像撮像部の各撮像の際の姿勢角を検出する。

【0012】また、上記各視点において撮像した入力対象平面の画像を投影した際に、その重複部分の相互相関値が最大になるように投影位置及びスケールを微調整する調整部を有して、さらに歪のない高精度の画像復元を行なう。

【0013】この発明に係る第3の撮像装置は、画像撮像部と位置検出部と対応関係抽出部と3次元位置算出部と平面算出部及び投影部を有し、画像撮像部は先に撮像した画像と一部が重複するようにして複数の視点から入力対象平面を撮像し、位置検出部は複数の視点における画像面の位置と姿勢角を検出し、対応関係抽出部はある視点で撮像した画像の重複部分から複数の特徴点を抽出し、他の視点で撮像した画像上の特徴点に相当する対応点を抽出し、3次元位置算出部は位置検出部が検出した複数の視点における画像面の位置と姿勢角及び対応関係抽出部が抽出した特徴点と対応点を基に特徴点に相当する入力対象平面上の各点の3次元位置を算出し、平面算出部は3次元位置算出部で算出した入力対象平面上の各点の3次元位置から、入力対象平面上の各点を通る平面の情報を示す平面方程式を算出し、投影部は平面算出部で算出した平面方程式で表せられる画像面に各視点で得られた撮像画像を再投影して画像を合成することを特徴とする。

【0014】上記位置検出部は、加速度センサと磁気方

位センサとジャイロのいずれか又はそれらの組み合わせを有し、各視点における画像撮像部の姿勢角を算出する姿勢算出部と、算出した姿勢角の各視点で得られた画像面の基準座標系に対する姿勢角を算出し、算出した画像面の基準座標系に対する姿勢角と対応関係抽出部で得られた対応関係により画像撮像部の並進移動成分を算出する並進計算部を有すると良い。

【0015】また、上記位置検出部は画像撮像部が、加速度センサとジャイロを有し、視点を移動するときの姿勢角の変化と並進移動成分を検出する運動検出部と、検出した姿勢角の変化と並進移動成分に基づき各視点で得られた画像面の基準座標系に対する位置と姿勢を算出する位置姿勢計算部を有しても良い。

【0016】さらに、上記位置検出部は対応関係抽出部で得られた複数の特徴点と対応点の位置関係から視点間の姿勢変化と並進移動を算出する運動計算部で構成しても良い。

【0017】また、上記投影部で再投影するときに、隣接画像間で位置合わせを行い、より歪のない画像形成を行う。

【0018】この発明に係る第4の撮像装置は、画像撮像部と3次元位置検出部と平面算出部と投影部及び再調整部を有し、画像撮像部は複数の視点から入力対象平面を撮像し、3次元位置検出部は入力対象平面の複数の点の距離を計測して入力対象平面上の複数の点の3次元位置を検出し、平面算出部は3次元位置検出部で検出した入力対象平面上の複数の点の3次元位置から、各視点毎に入力対象平面上の各点を通る平面の情報を示す平面方程式を算出し、投影部は平面算出部で算出した平面方程式で表せられる画像面に各視点で得られた撮像画像を再投影して画像を合成し、再調整部は投影部で画像を合成するときに各画像面の位置と姿勢を調整することを特徴とする。

【0019】この発明に係る第5の撮像装置は、画像撮像部と3次元位置検出部と姿勢検出部と平面算出部と投影部及び再調整部を有し、画像撮像部は複数の視点から入力対象平面を撮像し、3次元位置検出部は入力対象平面の複数の点の距離を計測して入力対象平面上の複数の点の3次元位置を検出し、姿勢検出部は各視点における画像撮像部の姿勢角を検出し、平面算出部は3次元位置検出部で検出した入力対象平面上の点の3次元位置と姿勢検出部で検出した各視点における画像撮像部の姿勢角とから、各視点毎に入力対象平面上の各点を通る平面の情報を示す平面方程式を算出し、投影部は平面算出部で算出した平面方程式で表せられる画像面に各視点で得られた撮像画像を再投影して画像を合成し、再調整部は投影部で画像を合成するときに各画像面の位置と姿勢を調整することを特徴とする。

【0020】上記3次元位置検出部は測距センサで距離を検出したり、あるいは入力対象平面上の点が画像面で

合焦するときのレンズと画像面の位置より入力対象平面の複数の点の距離を算出すると良い。

【0021】この発明の撮像画像合成方法は、先に撮像した画像と一部が重複するようにして複数の視点から入力対象平面を撮像し、各撮像の際の視点における撮像角度である姿勢角の変化及び視点の位置の変化を検出し、先に撮像した画像から複数の特徴点を抽出し、特徴点を抽出した画像の次ぎに撮像した画像において先の画像で抽出した特徴点に対応する点である対応点を抽出し、検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに抽出した特徴点及び対応点を基に各特徴点の3次元位置を算出し、抽出した各特徴点が同一平面上にあるものとして、計測した各特徴点の3次元位置を基に各特徴点が存在する平面の情報を算出し、検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに算出した平面の情報を基に、入力対象平面を撮像した各画像を任意な同一画像面に投影して、複数の視点から撮像した画像を合成する。

【0022】この発明の第2の撮像画像合成方法は、先に撮像した画像と一部が重複するようにして複数の視点から入力対象平面を撮像し、各撮像の際の視点における撮像角度である姿勢角を検出し、先に撮像した画像から複数の特徴点を抽出し、特徴点を抽出した画像の次ぎに撮像した画像において先の画像で抽出した特徴点に対応する点である対応点を抽出し、検出した姿勢角並びに抽出した特徴点及び対応点を基に各特徴点の並進運動成分を検出し、検出した姿勢角、抽出した特徴点及び対応点並びに検出した各特徴点の並進運動成分を基に各特徴点の3次元位置を算出し、抽出した各特徴点が同一平面上にあるものとして、計測した各特徴点の3次元位置を基に各特徴点が存在する平面の情報を算出し、検出した姿勢角、検出した各特徴点の並進運動成分並びに算出した平面の情報を基に、入力対象平面を撮像した各画像を任意な同一画像面に投影して、複数の視点から撮像した画像を合成する。

【0023】この発明の第3の撮像画像合成方法は、先に撮像した画像と一部が重複するようにして複数の視点から入力対象平面を撮像し、複数の視点における画像面の位置と姿勢角を検出し、ある視点で撮像した画像の重複部分から複数の特徴点を抽出し、他の視点で撮像した画像上の特徴点に相当する対応点を抽出し、検出した複数の視点における画像面の位置と姿勢角及び抽出した特徴点と対応点を基に特徴点に相当する入力対象平面上の各点の3次元位置を算出し、算出した入力対象平面上の各点の3次元位置から、入力対象平面上の各点を通る平面の情報を示す平面方程式を算出し、算出した平面方程式で表せられる画像面に各視点で得られた撮像画像を再投影して画像を合成することを特徴とする。

【0024】上記各視点において撮像した入力対象平面の画像の重複部分の相互相関値が最大になるように投影位置及びスケールを微調整することが望ましい。

【0025】この発明の第4の撮像画像合成方法は、複数の視点から入力対象平面を撮像し、入力対象平面の複数の点の距離を計測して入力対象平面上の複数の点の3次元位置を検出し、検出した入力対象平面上の複数の点の3次元位置から、各視点毎に入力対象平面上の各点を通る平面の情報を示す平面方程式を算出し、算出した平面方程式で表せる画像面に各視点で得られた撮像画像を再投影して画像を合成し、画像を合成するとき各画像面の位置と姿勢を調整することを特徴とする。

【0026】この発明の第5の撮像画像合成方法は、複数の視点で入力対象平面を撮像し、入力対象平面の複数の点の距離を計測して入力対象平面上の複数の点の3次元位置を検出し、各視点における画像撮像部の姿勢角を検出し、検出した入力対象平面上の点の3次元位置と検出した各視点における画像撮像部の姿勢角とから、各視点毎に入力対象平面上の各点を通る平面の情報を示す平面方程式を算出し、算出した平面方程式で表せられる画像面に各視点で得られた撮像画像を再投影して画像を合成し、画像を合成するとき各画像面の位置と姿勢を調整することを特徴とする。

【0027】

【発明の実施の形態】この発明の撮像装置は、画像撮像部と運動検出部と対応関係抽出部と3次元位置算出部と平面算出部と投影部とを有する。画像撮像部は先に撮像した画像と一部が重複するようにして異なる複数例えば2点の視点から入力対象平面を撮像する。運動検出部は画像撮像部による各撮像の際の視点における画像撮像部の角度である姿勢角の変化及び視点の位置の変化を検出する。対応関係抽出部は先に撮像した画像から複数の特徴点を抽出し、特徴点を抽出した画像の次ぎに撮像した画像において先の画像で抽出した特徴点に対応する点である対応点を抽出する。3次元位置算出部は運動検出部が検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに対応関係抽出部が抽出した特徴点及び対応点を基に各特徴点の3次元位置を算出する。この特徴点の3次元位置を算するには、例えば先に撮像した第1視点から次ぎに撮像した第2視点への姿勢変化を基に、第1視点の光学中心から各特徴点までの視線ベクトルと第2視点の光学中心から各対応点までの視線ベクトルを算出し、算出した視線ベクトルと第1視点と第2視点の位置変化を基に三角測量の原理により、各特徴点の3次元位置を算出する。

【0028】平面算出部は対応関係抽出部が抽出した各特徴点が同一平面上にあるものとして、3次元位置算出部が計測した各特徴点の3次元位置を基に、例えば最小自乗法を用いて各特徴点が存在する平面の情報を示す平面方程式を算出する。投影部は運動検出部が検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに平面算出部が算出した平面の情報を基に、画像撮像部が撮像した各画像を任意な同一画像面に投影して複数の視点から撮像した画像を合成し、入力対象平面上の画像を復元する。

## 【0029】

【実施例】図1はこの発明の一実施例の撮像装置の構成図である。図に示すように、撮像装置は、例えば画像撮像部1と運動検出部2と対応関係抽出部3と3次元位置算出部4と平面算出部5と投影部6と調整部7とを有する。画像撮像部1は、例えばCCDエリアセンサ等を備え、図2(a)に示すように、被写体10の入力対象平面Gcを第1視点O<sub>n</sub>と第2視点O<sub>(n+1)</sub>でそれぞれ撮像した画像の一部が、図2(b)及び図2(c)に示すように重複するようにして撮像する。図2(b)に示す第1視点O<sub>n</sub>で撮像した画像G<sub>n</sub>の1つの特徴点Aを定めると、図2(b)に示す第2視点O<sub>(n+1)</sub>で撮像した画像G<sub>(n+1)</sub>において画像G<sub>n</sub>の特徴点Aに対応する対応点は点Bになる。

【0030】運動検出部2は画像撮像部1による各撮像の際の入力対象平面Gcに対する画像撮像部1の角度である姿勢角の変化及び視点の位置の変化を検出する。対応関係抽出部3は第1視点O<sub>n</sub>で撮像した第1画像G<sub>n</sub>から複数の特徴点A<sub>i</sub>(iは整数であり、各特徴点の順番を表わす。)を抽出し、第2視点O<sub>(n+1)</sub>で撮像した第2画像G<sub>(n+1)</sub>において第1画像G<sub>n</sub>の特徴点A<sub>i</sub>に対応する第2画像G<sub>(n+1)</sub>の対応点B<sub>i</sub>を抽出する。3次元位置算出部4は運動検出部2が検出した姿勢角変化と視点位置変化及び対応関係抽出部3が抽出した特徴点A<sub>i</sub>と対応点B<sub>i</sub>を基に各特徴点A<sub>i</sub>の3次元位置(X<sub>i1</sub>, Y<sub>i1</sub>, Z<sub>i1</sub>)を算出する。このように特徴点A<sub>i</sub>の3次元位置(X<sub>i1</sub>, Y<sub>i1</sub>, Z<sub>i1</sub>)を算出するには、第1視点O<sub>n</sub>で撮像した第1画像面の光学中心を原点とし、第1視点O<sub>n</sub>から第2視点O<sub>(n+1)</sub>に移動したときの画像撮像部1の姿勢変化を基に、第1視点O<sub>n</sub>の光学中心から各特徴点A<sub>i</sub>までの視線ベクトルV<sub>1i</sub>と第2視点O<sub>(n+1)</sub>の光学中心から対応点B<sub>i</sub>までの視線ベクトルV<sub>2i</sub>を算出し、算出した視線ベクトルV<sub>1i</sub>, V<sub>2i</sub>と各視点の位置変化を基に三角測量の原理により、各特徴点A<sub>i</sub>の3次元位置(X<sub>i1</sub>, Y<sub>i1</sub>, Z<sub>i1</sub>)を算出する。

【0031】平面算出部5は対応関係抽出部3が抽出した各特徴点A<sub>i</sub>が同一平面上にあるとして、3次元位置

$$S = \sum_x \sum_y I_n(x, y) \times I_m(x + \delta x, y + \delta y) \quad (1)$$

【0035】上記のように構成した撮像装置の動作を図5のフローチャートを参照して説明する。画像撮像部1は入力対象平面Gcを第1視点から撮像し、撮像した第1画像を記憶装置に記憶する(ステップS1, S2)。その後、ユーザが画像撮像部1を撮像した画像の一部が重複するように第2視点に移動した後に第2視点から撮像し、撮像した第2画像を記憶装置に記憶する(ステップS3, S4)。このように、第1画像と第2画像の一部が重複するように撮像するので、画像撮像部1が撮像した各画像の関連を容易に検出することができる。

算出部4が計測した各特徴点A<sub>i</sub>の3次元位置(X<sub>i1</sub>, Y<sub>i1</sub>, Z<sub>i1</sub>)を基に、例えば最小自乗法を用いて各特徴点A<sub>i</sub>が存在する平面の情報として平面方程式を算出する。投影部6は運動検出部5が検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに平面算出部5が算出した平面方程式を基に、画像撮像部1が撮像した各画像を任意の同一画像面に投影して、複数の視点から撮像した各画像を合成する。ここで、画像撮像部1が撮像した各画像を任意の同一画像面に投影する動作について、図3を参照して説明する。

【0032】ある視点で得た画像面I<sub>n</sub>上の点P<sub>n</sub>とこの視点の光学中心O<sub>n</sub>とを結ぶ直線が平面算出部5が算出した平面Gcと交差する点をP<sub>c</sub>とする。また、新たに合成する画像を投影する画像面をI<sub>m</sub>とし、この光学中心をO<sub>m</sub>とする。点P<sub>c</sub>と光学中心O<sub>m</sub>とを結ぶ直線が画像面I<sub>m</sub>と交差する点P<sub>m</sub>に画素をマッチングする。この動作を必要な画素全てに対して行なうことにより、図4に示すように画像面I<sub>m</sub>に新たな画像を形成する。この処理を画像撮像部1が撮像した各画像に対して行ない、画像撮像部1が撮像した各画像を任意な同一画像面に投影することにより複数の視点から撮像した画像を合成する。ここで、このようにして形成した画像は記憶装置に保存しても良いし、表示装置に表示したり、印刷装置から印刷するようにしても良い。

【0033】調整部7は、画像撮像部1が撮像した各画像を画像面に投影した際にその重複部分の相互相関値が最大になるように投影位置及びスケールを微調整する。入力対象平面Gc上の画像は一部が重複するように撮像されているので、画像を投影する画像面I<sub>m</sub>において重複して撮像された領域は重複して投影されている。第1画像の重複部画像をI<sub>n</sub>(x, y)とし、第2画像の重複部画像をI<sub>m</sub>(x, y)としたとき、下記(1)式で示す相関関数の値Sが最大となるようにδx及びδyを求め、第2画像の全画素をδx及びδyだけシフトする。

【0034】

【数1】

【0036】運動検出部2は第1画像を撮像した際から第2画像を撮像する際までの画像撮像部1の姿勢角の変化及び視点の位置の変化を検出する(ステップS5)。対応関係抽出部3は第1画像から複数の特徴点A<sub>i</sub>を抽出し、第2画像から対応点B<sub>i</sub>を抽出する(ステップS6)。これにより、第1画像と第2画像との対応関係を検出することができる。3次元位置算出部4は運動検出部2が検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに対応関係抽出部3が抽出した特徴点A<sub>i</sub>と対応点B<sub>i</sub>を基にして各特徴点A<sub>i</sub>の3次元位置(X<sub>i1</sub>, Y<sub>i1</sub>, Z<sub>i1</sub>)

1)を算出する(ステップS7)。平面算出部5は対応関係抽出部3が抽出した各特徴点A<sub>i</sub>が同一平面上にあるものとして、3次元位置算出部4が計測した各特徴点A<sub>i</sub>の3次元位置(X<sub>i1</sub>, Y<sub>i1</sub>, Z<sub>i1</sub>)を基に最小自乗法を用いて各特徴点A<sub>i</sub>が存在する平面の平面方程式を算出する(ステップS8)。投影部6は運動検出部5が検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに平面算出部5が算出した平面方程式を基に、画像撮像部1が撮像した各画像を任意の同一画像面I<sub>m</sub>に投影して、複数の視点から撮像した各画像を合成する(ステップS9)。このようにして、画像撮像部1が並進移動することによる影響により合成画像に歪が生じることを防止できるとともに、画像撮像部1の回転が合成画像の歪の原因になることを防止できる。

【0037】調整部7は、画像撮像部1が撮像した各画像を画像面に投影した際にその重複部分の相互相関値が最大になるように投影位置及びスケールを微調整する(ステップS10)。これにより、合成した各画像にずれが生じることを防止でき、さらに正確に画像の合成を行なうことができる。

【0038】次に、この発明の第2の実施例の撮像装置について説明する。第2の実施例の撮像装置は、図6の構成図に示すように、画像撮像部1と姿勢検出部8と対応関係抽出部3と並進運動検出部9と3次元位置算出部4と平面算出部5と投影部6と調整部7を有する。

【0039】姿勢検出部8は、例えば図7に示すようにX軸方向磁気方位センサ81とZ軸方向磁気方位センサ81と姿勢角検知部83とを有する。X軸方向磁気方位センサ81とZ軸方向磁気方位センサ82はそれぞれ画像面に垂直な方向をZ軸とした場合のX軸方向とZ軸方向の磁気の検出信号を出力する。ここで検出する磁気方位は地磁気によるものでも、人工的に発生させた磁界によるものでも良い。姿勢角検知部83はX軸方向磁気方位センサ81とZ軸方向磁気方位センサ82からの信号を基に画像撮像部1で撮像するときの各視点における画像撮像部1の角度である姿勢角を検知する。

【0040】並進運動検出部9は姿勢検出部8が検出した姿勢角並びに対応関係抽出部3が抽出した特徴点A<sub>i</sub>及び対応点B<sub>i</sub>を基に画像撮像部1の並進運動成分Tを算出する。並進運動成分Tを算出するには、例えば並進運動検出部9は姿勢検出部8が検出した第1画像撮像の際の姿勢角と第2画像撮像の際の姿勢角から姿勢角の変化を算出し、図8に示すような同じ座標系で特徴点A<sub>i</sub>を通る視線ベクトルV<sub>1i</sub>と対応点B<sub>i</sub>を通る視線ベクトルV<sub>2i</sub>を算出する。視線ベクトルV<sub>1i</sub>, V<sub>2i</sub>と並進運動ベクトルTのスカラ三重積は理想的には「0」である。そこで、並進運動ベクトルTは各特徴点A<sub>i</sub>におけるスカラ三重積の総和である下記(2)式に示す値を最小化する値として算出する。

【0041】

【数2】

$$\sum_i ||(V_{1i} \times T, V_{2i})|| \quad (2)$$

【0042】3次元位置算出部4は、姿勢検出部8が検出した姿勢角と対応関係抽出部3が抽出した特徴点A<sub>i</sub>と対応点B<sub>i</sub>及び並進運動検出部9が検出した並進運動ベクトルTを基に三角測量の原理を用いて各特徴点A<sub>i</sub>の3次元位置を算出する。

【0043】上記のように構成した撮像装置の動作を図9のフローチャートを参照して説明する。画像撮像部1は入力対象平面G<sub>c</sub>を第1視点で撮像し、撮像した第1画像を記憶装置に記憶する(ステップS11)。姿勢検出部8は画像撮像部1が第1視点から撮像した際の画像撮像部1の姿勢角を検出する(ステップS12)。その後、ユーザが画像撮像部1をそれぞれ撮像した画像の一部が重複するように第2視点に移動した後に第2視点で撮像し、撮像した第2画像を記憶装置に記憶する(ステップS13)。姿勢検出部8は画像撮像部1が第1視点から撮像した際と同様に画像撮像部1が第1視点から撮像した際の画像撮像部1の姿勢角を検出し、さらに第1視点から撮像した際の姿勢角と第2視点から撮像した際の姿勢角の変化を検出する(ステップS14)。このように、第1画像と第2画像の一部が重複するように撮像するとともにその際の姿勢角を検出するので、画像撮像部1が撮像した各画像の関連を容易に検出することができるとともに画像撮像部1の姿勢角の変化による影響をなくすることができる。

【0044】対応関係抽出部3は第1画像から複数の特徴点A<sub>i</sub>を抽出し、第2画像から対応点B<sub>i</sub>を抽出する(ステップS15)。これにより第1画像と第2画像との対応関係を検出することができる。並進運動検出部9は姿勢検出部8が検出した姿勢角並びに対応関係抽出部3が抽出した特徴点A<sub>i</sub>及び対応点B<sub>i</sub>を基に画像撮像部1の並進運動ベクトルTを算出する(ステップS16)。3次元位置算出部4は運動検出部2が検出した姿勢角変化と視点位置変化と対応関係抽出部3が抽出した特徴点A<sub>i</sub>と対応点B<sub>i</sub>及び並進運動検出部9が検出した並進運動ベクトルTを基に各特徴点A<sub>i</sub>の3次元位置(X<sub>i1</sub>, Y<sub>i1</sub>, Z<sub>i1</sub>)を算出する(ステップS17)。平面算出部5は対応関係抽出部3が抽出した各特徴点A<sub>i</sub>が同一平面上にあるものとして、3次元位置算出部4が計測した各特徴点A<sub>i</sub>の3次元位置(X<sub>i1</sub>, Y<sub>i1</sub>, Z<sub>i1</sub>)を基に最小自乗法を用いて各特徴点A<sub>i</sub>が存在する平面の平面方程式を算出する(ステップS18)。投影部6は運動検出部5が検出した姿勢角変化及び視点位置変化並びに平面算出部5が算出した平面方程式を基に、画像撮像部1が撮像した各画像を任意の同一画像面I<sub>m</sub>に投影して、複数の視点から撮像した各画像を合成する(ステップS19)。これにより、画像撮像部1が平行移動することによる影響により合成画像に



歪が生じることを防止できるとともに、画像撮像部1の回転が合成画像の歪の原因になることを防止できる。調整部7は、画像撮像部1が撮像した各画像を画像面に投影した際にその重複部分の相互相関値が最大になるように投影位置及びスケールを微調整する(ステップS20)。これにより、合成した各画像にずれが生じることを防止でき、さらに正確に画像の合成を行なうことができる。

【0045】上記実施例では姿勢検出部8にX軸方向磁気方位センサ81とZ軸方向磁気方位センサ82と姿勢角検知部83を設けた場合について説明したが、さらにY軸方向磁気方位センサを設けても良い。

【0046】また、姿勢検出部8に、例えば図10に示すようにX軸方向磁気方位センサ81とY軸方向磁気方位センサ84と画像撮像部1の重力方向に対する角度を検出する重力方向検出器85と姿勢角検知部83を設けても良い。ここで重力方向検出器85としては、例えばX軸、Y軸、Z軸の各軸方向の加速度を検出する加速度センサを用いて画像撮像部1の姿勢角を検出するようにしても良いし、水準器を用いて姿勢角を検出するようにしても良い。このように重力方向に対する角度を重力方向検出器85で検出し、重力方向周りの回転角度をX軸方向磁気方位センサ81とY軸方向磁気方位センサ84で検出することができるので、より正確に姿勢角を検出することができる。また重力方向検出器8は、2軸方向の磁気を検出するもので良いが、大きく傾く場合には3軸回り磁気を検出するようにすると良い。

【0047】さらに、姿勢検出部8に、例えば図11に示すようにX軸回りジャイロ86とY軸回りジャイロ87と姿勢角検知部83を設けても良い。X軸回りジャイロ86とY軸回りジャイロ87は、X軸回りとY軸回りの回転角速度を検出する角速度検出部としての機能を有し、それぞれX軸回りの回転角速度及びY軸回りの回転角速度を示す信号を出力する。姿勢角検知部83はX軸回りジャイロ86とY軸回りジャイロ87が出力した信号をデジタル変換した後に積分して姿勢角を検出する。このようにして磁気が不安定な場所又は磁気を検出するのが困難な場合であっても正確に画像撮像部1の姿勢角を検出することができる。

【0048】次にこの発明の第3の実施例の撮像装置について説明する。第3の実施例の撮像装置は、図12の構成図に示すように、画像撮像部1と位置検出部11と対応関係抽出部3と3次元位置算出部4と平面算出部5と投影部6を有する。位置検出部11は、図2に示すように、画像撮像部1で入力対象平面Gcを第1視点Onと第2視点O(n+1)でそれぞれ撮像したときの画像面の基準座標系における位置と姿勢角を検出する。3次元位置算出部4は、位置検出部11で検出した画像面の基準座標系における位置と姿勢角及び対応関係抽出部3で抽出した第1画像Gnの特徴点Aiと第2画像G

(n+1)の対応点Biを基に各特徴点Aiの3次元座標値を算出する。

【0049】上記のように構成された撮像装置の動作を図13のフローチャートを参照して説明する。画像撮像部1で対象物を第1視点Onにおいて撮像したときの画像Gnを記憶し、位置検出部11で基準座標系における画像面の位置と姿勢を算出する(ステップS21)。その後、画像撮像部1を第2視点O(n+1)に移動して対象物を撮像し、撮像した画像G(n+1)を記憶し、位置検出部11で基準座標系における画像面の位置と姿勢を算出して3次元位置算出部4に送る(ステップS22)。対応関係抽出部3は第1視点Onにおいて撮像した画像Gn上の特徴点Aiを抽出し(ステップS23)、第2視点O(n+1)で撮像した画像G(n+1)の特徴点Aiに対応する対応点Biを抽出し3次元位置算出部4に送る(ステップS24)。3次元位置算出部4は位置検出部11で検出した各視点On、O(n+1)における画像面の位置と姿勢角及び対応関係抽出部3で抽出した第1画像Gnの特徴点Aiと第2画像G(n+1)の対応点Biを基に各特徴点Aiの3次元座標値を算出し平面算出部5に送る(ステップS25)。平面算出部5は複数の対象平面上の各特徴点Aiの座標値より平面方程式を算出する(ステップS26)。投影部6は平面算出部5で算出した平面方程式で表せる画像面に各視点On、O(n+1)で撮像した画像を再投影して合成する(ステップS27)。複数の視点で画像を撮像した場合は、上記処理を繰り返す(ステップS28、S29)。そして必要な場合、別の画像面へ再投影する(ステップS30)。

【0050】このようにして複数の視点で分割した撮像した画像を簡単に合成できるとともに、歪がなく精細な画像を得ることができる。

【0051】上記第3の実施例の位置検出部11を、図14に示すように、姿勢算出部12と並進計算部13で構成しても良い。姿勢算出部12は、例えば加速度センサと磁気方位センサとジャイロのいずれか又はこれらの組合せを有し、各視点における画像撮像部1の姿勢角あるいは姿勢角変化を算出する。並進計算部13は姿勢算出部12で算出した姿勢角から各視点で得られた画像面の基準座標系に対する姿勢角を算出し、対応関係抽出部3で抽出した第1画像Gnの特徴点Aiと第2画像G(n+1)の対応点Biの対応関係より、図8に示す画像撮像部1の並進運動ベクトルTを算出する。この並進計算部13で算出した各視点で得られた画像面の基準座標系に対する姿勢角と画像撮像部1の並進運動ベクトルT及び対応関係抽出部3が抽出した特徴点Aiと対応点Biを基に3次元位置算出部4で三角測量の原理を用いて各特徴点Aiの3次元位置を算出する。

【0052】姿勢算出部12として3軸加速度センサと2軸磁気方位センサを用いた場合、図15に示すよう

に、重力方向をY軸とした基準座標系X, Y, Z軸及び画像撮像部1の光軸をW軸と一致させた撮像部座標系U, V, W軸を定義し、基準座標系X, Y, Z軸に対する撮像部座標系U, V, W軸の傾きを姿勢角 $\theta(U)$ ,  $\theta(V)$ ,  $\theta(W)$ とする。回転の順序は、基準座標系と撮像部座標系が一致する状態からV(Y)軸回りに $\theta(V)$ だけ回転させてから、移動した撮像部座標系を基

$$R=R(V) \cdot R(U) \cdot R(W)$$

$$= \begin{bmatrix} \cos \theta(V) & 0 & \sin \theta(V) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta(V) & 0 & \cos \theta(V) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta(U) & -\sin \theta(U) \\ 0 & \sin \theta(U) & \cos \theta(U) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \theta(W) & -\sin \theta(W) & 0 \\ \sin \theta(W) & \cos \theta(W) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

【0054】また、3軸加速度センサの出力Aと2軸磁気方位センサの出力Mを下記(4)式で表す。

【0055】

【数4】

$$A = \begin{bmatrix} A(X) \\ A(Y) \\ A(Z) \end{bmatrix}$$

$$M = \begin{bmatrix} M(X) \\ M(Y) \\ M(Z) \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\|A\| = \|M\| = 1$$

【0056】ただし、2軸磁気方位センサを用いる場合M(Y)は不定である。また、重力加速度ベクトルGは下記(5)式で表せる。

【0057】

【数5】

$$G = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\theta(U) = -\sin A(Z)$$

$$\theta(W) = \sin^{-1} \frac{A(X)}{\cos \theta(U)} \quad \because \sin^{-1} \frac{A(X)}{\cos \theta(U)} \geq 0, \quad \frac{A(Y)}{\cos \theta(U)} \geq 0$$

$$\theta(W) = -\pi - \sin^{-1} \frac{A(X)}{\cos \theta(U)} \quad \because \sin^{-1} \frac{A(X)}{\cos \theta(U)} \geq 0, \quad \frac{A(Y)}{\cos \theta(U)} < 0 \quad (9)$$

$$\theta(W) = -\pi - \sin^{-1} \frac{A(X)}{\cos \theta(U)} \quad \because \sin^{-1} \frac{A(X)}{\cos \theta(U)} < 0, \quad \frac{A(Y)}{\cos \theta(U)} < 0$$

【0064】さらに、回転行列Rと2軸磁気方位センサの出力Mと地磁気ベクトルDは下記(10)式の関係があるから(11)式が得られる。

【0065】

【数9】

準にU軸回りに $\theta(U)$ だけ回転させ、移動した撮像部座標系を基準にW軸回りに $\theta(W)$ だけ回転させる。それぞれの回転行列をR(V), R(U), R(W)として、回転行列 $R=R(V) \cdot R(U) \cdot R(W)$ を下記(3)式で表す。

【0053】

【数3】

【0058】ここで地磁気の伏角 $\phi$ を既知とすると、地磁気ベクトルDは下記(6)式となる。

【0059】

【数6】

$$D = \begin{bmatrix} 0 \\ \sin \phi \\ \cos \phi \end{bmatrix} \quad (6)$$

【0060】ここで回転行列Rと3軸加速度センサの出力Aと重力加速度ベクトルGは下記(7)式の関係があるから(8)式が得られる。

【0061】

【数7】

$$R \cdot A = G \quad (7)$$

$$A = R^{-1} \cdot G \quad (8)$$

【0062】(8)式より姿勢角 $\theta(U)$ ,  $\theta(W)$ は下記(9)式で得られる。(9)式において $\cos \theta(U)$ が0の場合、 $\theta(W)$ は任意に定めて良い。

【0063】

【数8】

$$R \cdot M = D \quad (10)$$

$$M = R^{-1} \cdot D \quad (11)$$

【0066】(11)式より下記(12)式が算出され、(12)式より姿勢角 $\theta(V)$ は(13)式で得ら

れる。

【数10】

【0067】

$$\begin{aligned}\cos \theta(V) &= \sec \phi \cdot \sec \theta(U) \cdot \{M(Z) + \sin \phi \cdot \sin \theta(U)\} \\ \sin \theta(V) &= -\sec \phi \cdot \sec \theta(W) \cdot \sin \theta(W) \cdot \{M(Z) - \sin \phi \cdot \cos \theta(U) - \cos \theta(V) \cdot \cos \phi \cdot \sin \theta(U)\}\end{aligned}\quad (12)$$

$$\begin{aligned}\theta(V) &= \sin^{-1}[\sin \theta(V)] & \because \sin^{-1}[\sin \theta(V)] \geq 0, \cos \theta(V) \geq 0 \\ \theta(V) &= \pi - \sin^{-1}[\sin \theta(V)] & \because \sin^{-1}[\sin \theta(V)] \geq 0, \cos \theta(V) < 0 \\ \theta(V) &= -\pi - \sin^{-1}[\sin \theta(V)] & \because \sin^{-1}[\sin \theta(V)] < 0, \cos \theta(V) < 0\end{aligned}\quad (13)$$

【0068】このようにして姿勢算出部12により3軸加速度センサと2軸磁気方位センサの出力から基準座標系X, Y, Z軸に対する画像撮像部座標系U, V, W軸の傾きを姿勢角 $\theta(U)$ ,  $\theta(V)$ ,  $\theta(W)$ を算出することができる。

【0069】次に、姿勢算出部12として3軸加速度センサと3軸磁気方位センサの出力から基準座標系X, Y, Z軸に対する画像撮像部座標系U, V, W軸の傾きを姿勢角 $\theta(U)$ ,  $\theta(V)$ ,  $\theta(W)$ を算出する場合を示す。この場合、姿勢角 $\theta(U)$ ,  $\theta(W)$ は上記(9)式で得られる。ここで地磁気の伏角は未知として良く、地磁気ベクトルDを下記(14)とする。

【0070】

【数11】

$$D = \begin{bmatrix} 0 \\ D_x \\ D_y \\ D_z \end{bmatrix} \quad (14)$$

【0071】ここでベクトルD1を下記(15)とおくと(16)式が得られる。

【0072】

$$\begin{aligned}\theta(V) &= \sin^{-1}[\sin \theta(V)] & \because \sin^{-1}[\sin \theta(V)] \geq 0, \cos \theta(V) \geq 0 \\ \theta(V) &= \pi - \sin^{-1}[\sin \theta(V)] & \because \sin^{-1}[\sin \theta(V)] \geq 0, \cos \theta(V) < 0 \\ \theta(V) &= -\pi - \sin^{-1}[\sin \theta(V)] & \because \sin^{-1}[\sin \theta(V)] < 0, \cos \theta(V) < 0\end{aligned}\quad (18)$$

【0077】また、位置検出部11を、図16に示すように、運動検出部14と位置姿勢計算部15で構成しても良い。運動検出部14は、例えば加速度センサとジャイロからなり、画像撮像部1が視点を変えて撮像するときに、画像撮像部1が移動する過程における姿勢角変化と並進運動成分を検出する。位置姿勢計算部15は検出した画像撮像部1の姿勢角変化と並進運動成分から各視点で得られた画像面の基準座標系に対する位置と姿勢を算出する。この算出した各視点で得られた画像面の基準座標系に対する位置と姿勢及び対応関係抽出部3が抽出した特徴点A<sub>i</sub>と対応点B<sub>i</sub>を基に3次元位置算出部4で三角測量の原理を用いて各特徴点A<sub>i</sub>の3次元位置を

【数12】

$$D1 = \begin{bmatrix} D1(X) \\ D1(Y) \\ D1(Z) \end{bmatrix} = R(U) \cdot R(W) \cdot M \quad (15)$$

$$D = R(V) \cdot D1 \quad (16)$$

【0073】(16)式より(17)式が得られる。

【0074】

【数13】

$$\begin{aligned}\cos \theta(V) &= \frac{D1(Z) \cdot D(Z)}{D1(X)^2 + D1(Z)^2} \\ \sin \theta(V) &= \frac{D1(X) \cdot D(Z)}{D1(X)^2 + D1(Z)^2}\end{aligned}\quad (17)$$

【0075】(17)式より姿勢角 $\theta(V)$ が下記(18)式で得ることができる。

【0076】

【数14】

算出する。

【0078】さらに、図17に示すように、運動計算部16で基準座標系に対する各画像面の位置と姿勢を算出するようにしても良い。この場合、運動計算部16は対応関係抽出部3が抽出した特徴点A<sub>i</sub>と対応点B<sub>i</sub>の対応関係より視点間の画像撮像部1の位置変化と姿勢角変化を求め、求めた位置変化と姿勢角変化より基準座標系における各画像面の位置と姿勢を算出する。この算出した各視点で得られた画像面の基準座標系に対する位置と姿勢及び対応関係抽出部3が抽出した特徴点A<sub>i</sub>と対応点B<sub>i</sub>を基に3次元位置算出部4で三角測量の原理を用いて各特徴点A<sub>i</sub>の3次元位置を算出する。

【0079】また、上記各実施例で投影部6において各撮像画像を任意の位置と姿勢の画像面に再投影後、その位置を微調整することにより合成画像の歪みを軽減することができる。すなわち、被写体は一部が重なるよう撮像されているので、再投影される画像面において、その領域は重複して投影される。そこで第1視点から投影されるこの重複部画像と第2視点から投影される重複部画像の(1)式に示す相関関数が最大となる微小量 $\delta x$ 、 $\delta y$ を求め、第2視点から投影される全画像に対して、 $\delta x$ 、 $\delta y$ だけ平行移動させる。ここで位置の微調整は相互相関値を用いるものに限られず、サブピクセルレベルの位置合わせを行っても良い。

【0080】次にこの発明の他の実施例の撮像装置について説明する。この実施例の撮像装置は、図18の構成図に示すように、画像撮像部1と3次元位置検出部17と平面算出部5aと投影部6a及び再調整部18を有する。画像撮像部1は、図2(a)に示すように、平面状の被写体10を視点をえて撮像する。この視点をえて撮像するときに、撮像する画像の一部が必ずしも重なり合っていないとしても良い。3次元位置検出部17は、例えば超音波やレーザーなどを用いた測距センサからなり、視点をえて撮像したときに撮像対象物平面の複数の特徴点の距離を計測して各特徴点の3次元位置を検出する。平面算出部5aは3次元位置検出部17で検出した各特徴点の3次元位置から、最小自乗法などにより、被写体10の面の空間上での平面方程式を算出する。ただし、この場合、算出した平面は各視点を基準とした平面となり、視点の数だけ存在し、図19に示すように、視点 $O_n$ と視点 $O_{(n+1)}$ で撮像したとき、視点 $O_n$ を基準にした平面 $G_{cn}$ と視点 $O_{(n+1)}$ を基準とした平面 $G_{c(n+1)}$ を算出する。投影部6aは視点 $O_n$ で撮像した画像 $G_n$ を平面 $G_{cn}$ へ再投影し、視点 $O_{(n+1)}$ で撮像した画像 $G_{(n+1)}$ を平面 $G_{c(n+1)}$ へ再投影する。再調整部18は画像 $G_n$ を投影した平面 $G_{cn}$ と画像 $G_{(n+1)}$ を投影した平面 $G_{c(n+1)}$ の位置と姿勢を調整して合成画像を得る。この調整方法としては、画像 $G_n$ と画像 $G_{(n+1)}$ に重なる部分がある場合は、それらが適合するように調整し、重なる部分がほとんどない場合は、画像 $G_n$ と画像 $G_{(n+1)}$ が滑らかにつながるよう調整する。投影部6aは調整して合成画像を、必要ならば任意の仮想的な視点の画像面 $G_p$ へ投影して新たな画像を得る。

【0081】上記のように構成した撮像装置の動作を図20のフローチャートを参照して説明する。第1視点において画像撮像部1で対象物を撮像したときの画像 $G_n$ を記憶し、3次元位置検出部17で撮像対象物平面の複数の特徴点の距離を計測して、各特徴点の3次元位置を求める。平面算出部5aは各特徴点の3次元位置により画像撮像部1に対する対象平面 $G_{cn}$ の位置と姿勢を示す平面方程式を算出する(ステップS31)。投影部6

aは算出した平面 $G_{cn}$ に撮像した画像 $G_n$ を投影する(ステップS32)。次に第2視点において画像撮像部1で対象物を撮像したときの画像 $G_{(n+1)}$ を記憶し、3次元位置検出部17で撮像対象物平面の複数の特徴点の距離を計測し、各特徴点の3次元位置を求める。平面算出部5aは各特徴点の3次元位置から画像撮像部1に対する対象平面 $G_{c(n+1)}$ の位置と姿勢を示す平面方程式を算出する(ステップS33、S34)。投影部6aは算出した平面 $G_{c(n+1)}$ に撮像した画像 $G_{(n+1)}$ を投影する(ステップS35)。再調整部18は画像 $G_n$ を投影した平面 $G_{cn}$ と画像 $G_{(n+1)}$ を投影した平面 $G_{c(n+1)}$ の位置と姿勢を調整して合成画像を得る(ステップS36)。この処理を視点を変えて撮像するたびに繰り返し、所定の各視点で撮像と処理が終了したら(ステップS37)、投影部6aは合成した画像を別の画像面へ再投影する(ステップS38)。

【0082】このように各視点で複数の特徴点の距離を直接検出して対象平面の位置と姿勢を定めるから、対象平面を算出する処理の高速化を図ることができる。

【0083】上記実施例は3次元位置検出部17に超音波やレーザーなどを用いた測距センサを使用した場合について説明したが、画像撮像部1の画像面に対象物平面の特徴点が合焦したときのレンズと画像面の位置関係から特徴点の距離を算出するようにしても良い。

【0084】また、図21に示すように、3次元位置検出部17とともに姿勢算出部12を設け、3次元位置検出部17で検出した各特徴点の3次元位置と姿勢算出部12で得られた画像撮像部1の姿勢から基準座標系における平面方程式を算出することにより、対象平面の位置と姿勢を示す平面方程式を算出するとき、姿勢角の調整を行う必要がなく処理の高速化を図ることができる。

【0085】この場合の動作を図22のフローチャートを参照して説明する。第1視点において、画像撮像部1で対象物を撮像したときの画像 $G_n$ を記憶し、3次元位置検出部17で撮像対象物平面の複数の特徴点の距離を計測して、各特徴点の3次元位置を求め、姿勢算出部12で画像撮像部1の基準座標に対する姿勢を算出する。平面算出部5aは各特徴点の3次元位置から、画像撮像部1に対する対象平面の位置と姿勢を示す平面方程式を算出する(ステップS41)。この平面方程式を画像撮像部1の基準座標に対する姿勢をもとに基準座標へ変換する(ステップS42)。投影部6aは変換した平面方程式で示す平面に画像 $G_n$ を投影する(ステップS43)。次に第2視点において画像撮像部1で対象物を撮像したときの画像 $G_{(n+1)}$ を記憶し、3次元位置検出部17で撮像対象物平面の複数の特徴点の距離を計測して、各特徴点の3次元位置を求め、姿勢算出部12で画像撮像部1の基準座標に対する姿勢を算出する。平面算出部5aは各特徴点の3次元位置から、画像撮像部

1に対する対象平面の位置と姿勢を示す平面方程式を算出し(ステップS44、S45)、平面方程式を画像撮像部1の基準座標に対する姿勢をもとに基準座標へ変換する(ステップS46)。投影部6aは変換した平面方程式で示す平面に画像G(n+1)を投影する(ステップS47)。再調整部18は画像G<sub>n</sub>を投影した平面と画像G(n+1)を投影した平面の位置と姿勢を調整して合成画像を得る(ステップS48)。この処理を視点を変えて撮像するたびに繰り返し、各視点で撮像と処理が終了したら(ステップS49)、投影部6aは合成した画像を別の画像面へ再投影する(ステップS50)。

#### 【0086】

【発明の効果】この発明は以上説明したように、入力対象平面をそれぞれ一部が重複するようにして複数の視点から撮像した際の姿勢角の変化と視点の位置の変化及び視点を変えたときの各画像の対応関係から各特徴点の3次元位置を算出し、各特徴点の3次元位置を基に各特徴点が存在する平面の情報を算出し、姿勢角変化と視点位置変化及び平面の情報を基に、撮像した入力対象平面の各画像を任意の同一画像面に投影して、複数の視点で撮像した各画像を合成するようにしたから、姿勢角の変化による影響を取り除いて、複数の視点から撮像した画像を正確に復元することができる。

【0087】また、複数の視点から撮像した画像を合成し、入力対象平面上の画像を復元するので、入力対象平面上の画像が大きい場合及び入力対象平面を有する対象物を移動できない場合であっても画像を撮像し復元をすることができる。

【0088】さらに、姿勢角と特徴点及び対応点を基に視点を変えたときの並進運動成分を検出し、姿勢角と特徴点と対応点及び並進運動成分を基に各特徴点の3次元位置を算出して撮像した入力対象平面の各画像を任意の同一画像面に投影するので、姿勢角の変化による影響を取り除いて、複数の視点から撮像した画像をより正確に合成することができる。

【0089】また、互いに直交する2軸方向又は3軸方向の磁気方位で撮像するときの姿勢角を検出するので、簡単でかつ正確に姿勢角を検出することができる。

【0090】さらに、重力方向と互いに直交する2軸方向又は3軸方向の磁気方位で撮像するときの姿勢角を検出することにより、より正確に姿勢角を検出することができる。

【0091】また、互いに直交する2軸周り又は3軸周りの角速度から撮像するときの姿勢角を検出することにより、磁気による方位検出が困難な場合であっても簡単に撮像するときの姿勢角を検出することができる。

【0092】また、各視点において撮像した入力対象平面の画像を投影した際に、その重複部分の相互相関値が最大になるように投影位置及びスケールを微調整するので、歪のない高精度の画像を再生することができる。

【0093】また、視点を変えて撮像するとき、基準座標系における画像面の位置と姿勢を算出し、各視点における画像面の位置と姿勢角及び各画像の対応関係から各特徴点の3次元座標値を算出して平面方程式を算出するから、平面状の被写体を分割撮像して合成するとき、歪みなしで合成することができ、簡単な構成で高精度な画像を得ることができる。

【0094】また、各視点で撮像するときの姿勢角を算出し、各視点で得られた画像面の基準座標系に対する姿勢角を算出し、算出した画像面の基準座標系に対する姿勢角と各視点で撮像した画像の対応関係から視点を変えたときの並進移動成分を算出するから、視点を変えたときの位置と姿勢を簡単に検出することができ、各特徴点の3次元座標値を算出して平面方程式を簡単に算出することができる。

【0095】さらに、視点移動するときの姿勢角の変化と並進移動成分を加速度センサとジャイロ等で直接検出することにより、画像情報を用いずに画像面の基準座標系に対する位置と姿勢を算出することができ、撮像画像にノイズが含まれていても、精度良く位置と姿勢を算出することができる。

【0096】また、視点を変えて撮像した画像の対応関係から視点間の姿勢変化と並進移動を算出することにより、撮像部の動きを検出するセンサが不要となり、装置全体の構成を簡略化できる。

【0097】さらに、各視点で撮像した画像を合成するとき隣接画像間で位置合わせを行うから、良質な合成画像を得ることができる。

【0098】また、複数の視点で撮像したときに、各視点で入力対象平面の複数の点の距離を計測して入力対象平面上の複数の点の3次元位置を検出することにより撮像対象物上の点の奥行きを直接検出し、検出した入力対象平面上の複数の点の3次元位置から、各視点毎に入力対象平面上の各点を通る平面の平面方程式を算出し、算出した平面方程式で表せられる画像面に各視点で得られた撮像画像を再投影して画像を合成し、画像を合成するときに各画像面の位置と姿勢を調整するから、姿勢角の調整を行う必要がなく、処理を簡略化して高速化を図ることができる。

【0099】さらに、直接検出した撮像対象物上の点の奥行きと各視点で撮像するときの姿勢から基準座標系における平面方程式を算出することにより、対象平面の位置と姿勢を示す平面方程式を算出するとき、姿勢角の調整を行う必要がなく処理の高速化を図ることができる。

【0100】また、各視点で入力対象平面の複数の点の距離を測距センサで直接検出することにより、複数の点の距離を正確に測定でき、良質な画像を合成することができる。

【0101】さらに、入力対象平面上の点の画像面で合焦するときのレンズと画像面の位置より入力対象平面の

複数の点の距離を算出することにより、精度の高い3次元位置検出を簡単な構成で行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例を示す構成図である。

【図2】入力対象平面に対する第1画像及び第2画像の関係を示す説明図である。

【図3】画像投影の原理を示す説明図である。

【図4】画像合成の原理を示す説明図である。

【図5】撮像装置の動作を示すフローチャートである。

【図6】第2の実施例の構成図である。

【図7】姿勢検出部の構成図である。

【図8】並進運動ベクトルを算出する原理を示す説明図である。

【図9】第2の実施例の動作を示すフローチャートである。

【図10】重力方向検出器を有する姿勢検出部の構成図である。

【図11】ジャイロを有する姿勢検出部の構成図である。

【図12】第3の実施例の構成図である。

【図13】第3の実施例の動作を示すフローチャートである。

【図14】第4の実施例の構成図である。

【図15】基準座標系と画像撮像部座標系を示す説明図であ。

【図16】第5の実施例の構成図である。

【図17】第6の実施例の構成図である。

【図18】第7の実施例の構成図である。

【図19】第7の実施例の画像合成を示す説明図である。

【図20】第7の実施例の動作を示すフローチャートである。

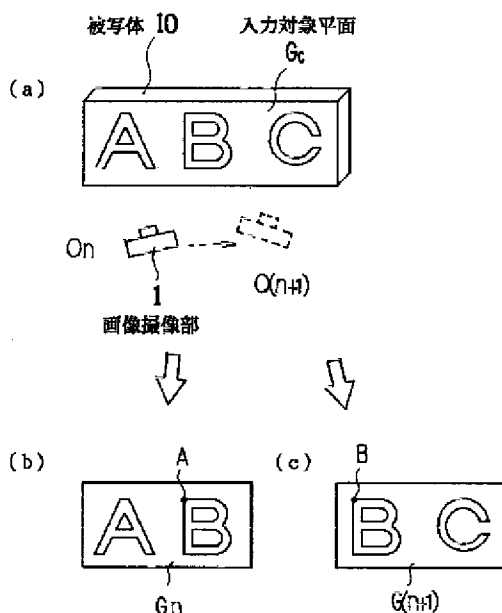
【図21】第8の実施例の構成図である。

【図22】第8の実施例の動作を示すフローチャートである。

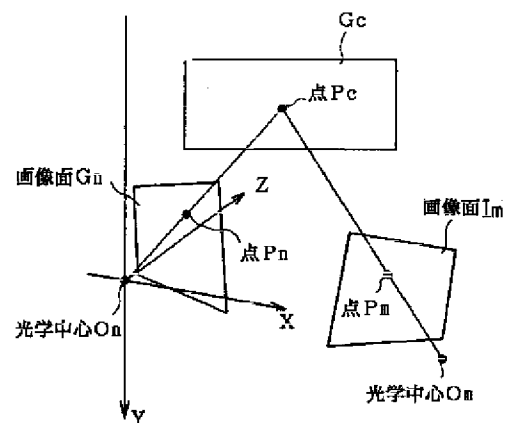
【符号の説明】

- |    |          |
|----|----------|
| 1  | 画像撮像部    |
| 2  | 運動検出部    |
| 3  | 対応関係抽出部  |
| 4  | 3次元位置算出部 |
| 5  | 平面算出部    |
| 6  | 投影部      |
| 7  | 調整部      |
| 8  | 姿勢検出部    |
| 9  | 並進運動検出部  |
| 11 | 位置検出部    |
| 12 | 姿勢算出部    |
| 13 | 並進計算部    |
| 14 | 運動検出部    |
| 15 | 位置姿勢計算部  |
| 16 | 運動計算部    |
| 17 | 3次元位置検出部 |
| 18 | 再調整部     |

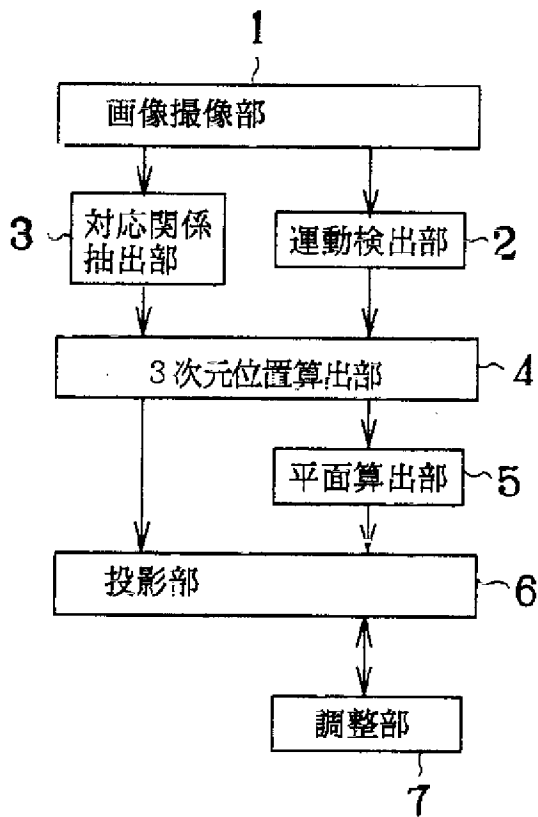
【図2】



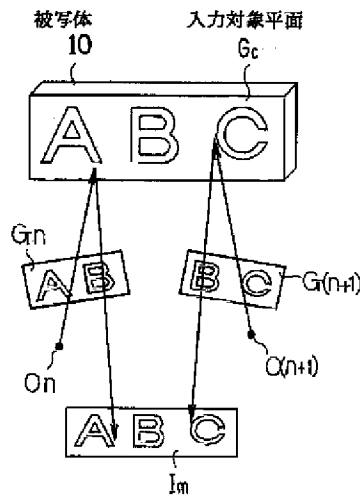
【図3】



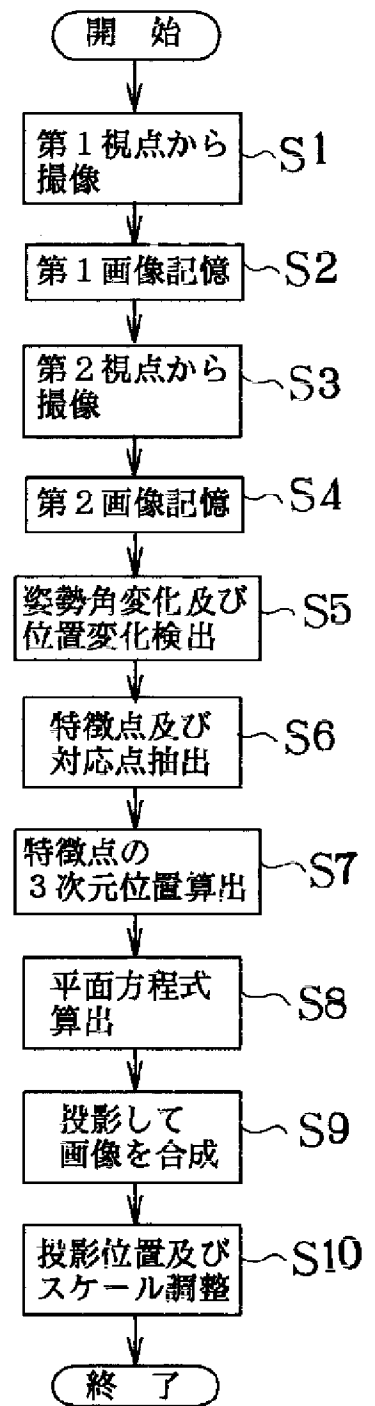
【図1】



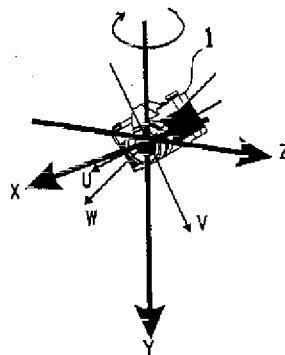
【図4】



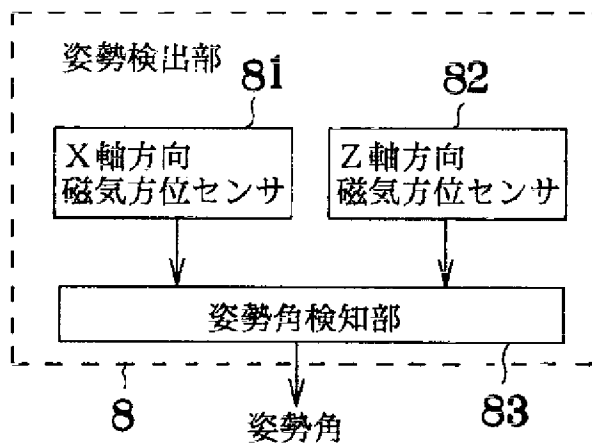
【図5】



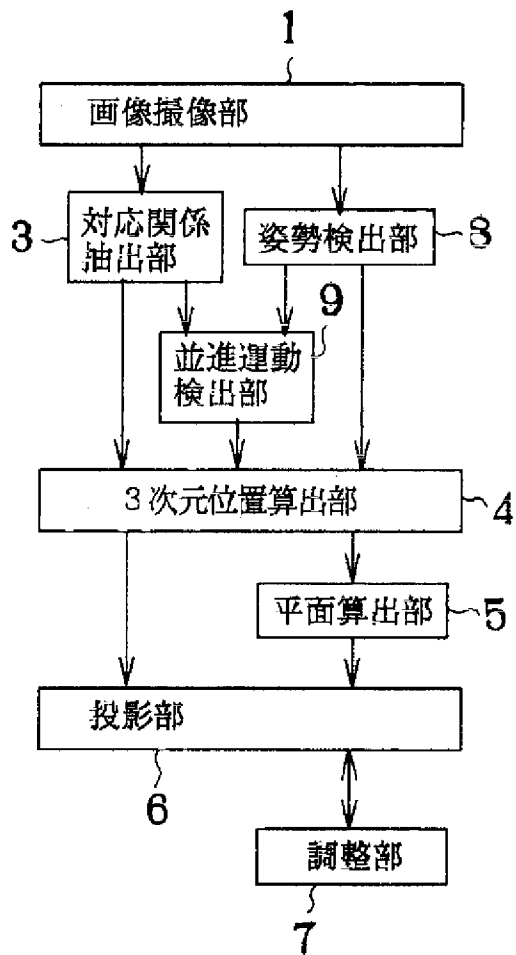
【図15】



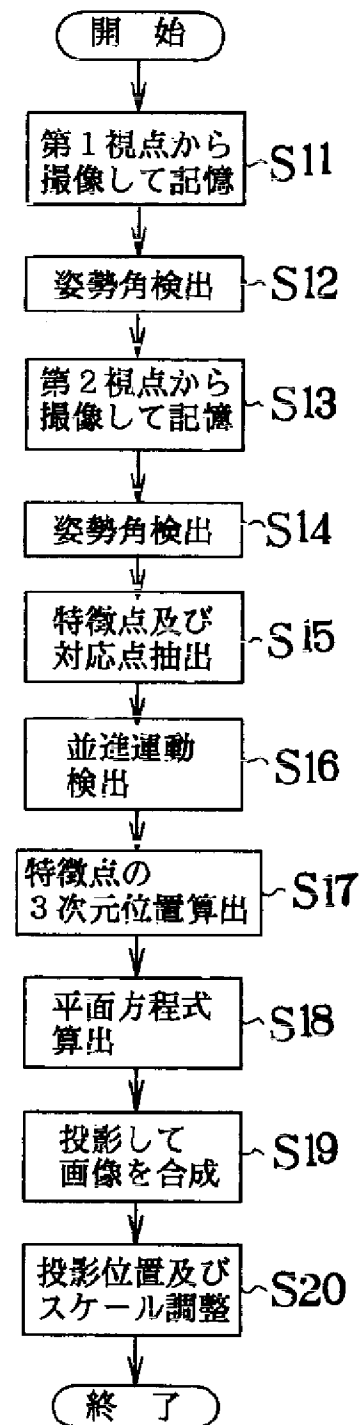
【図7】



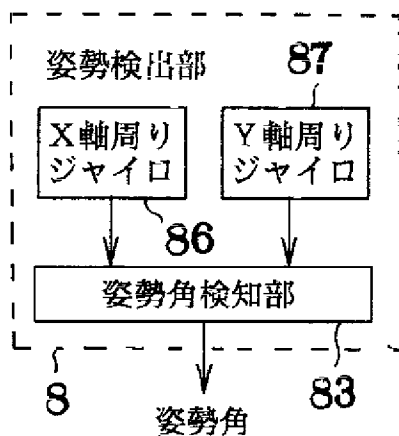
【図6】



【図9】

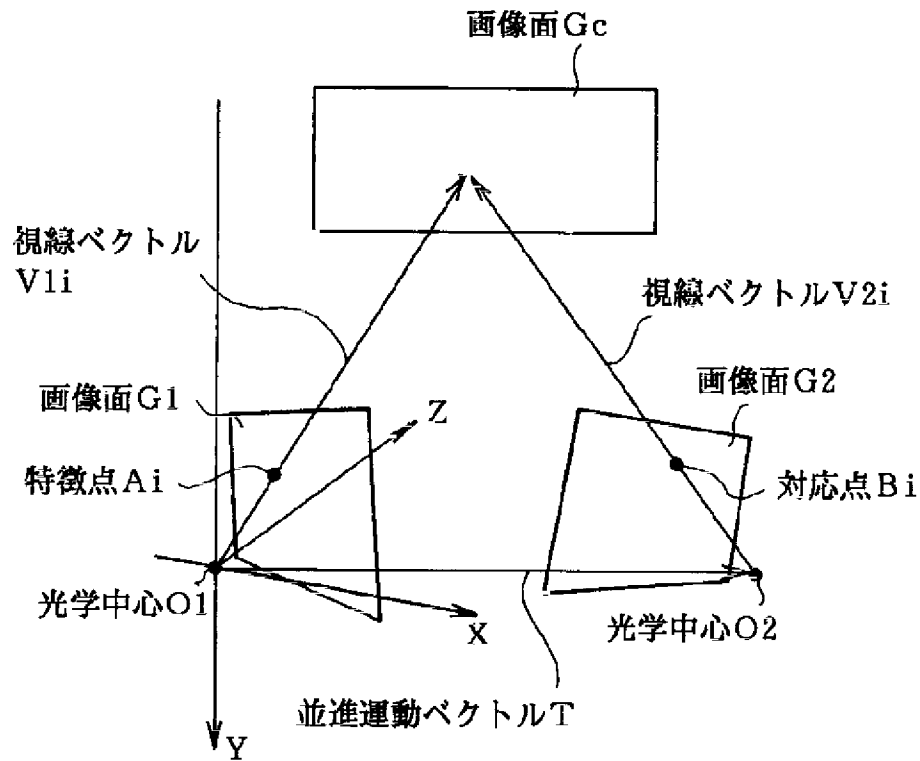


【図11】

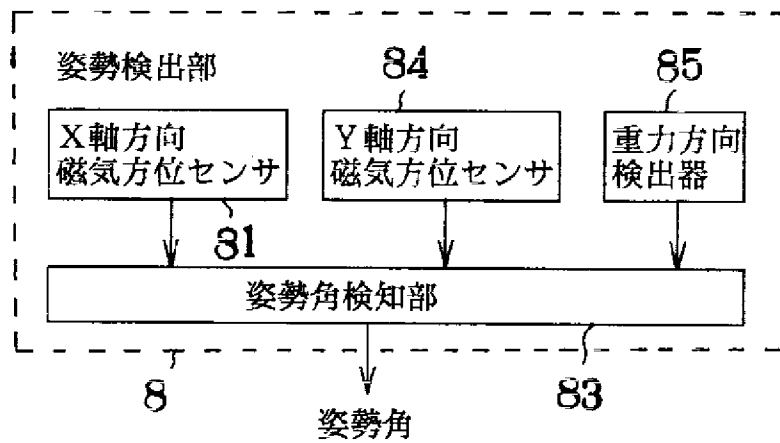




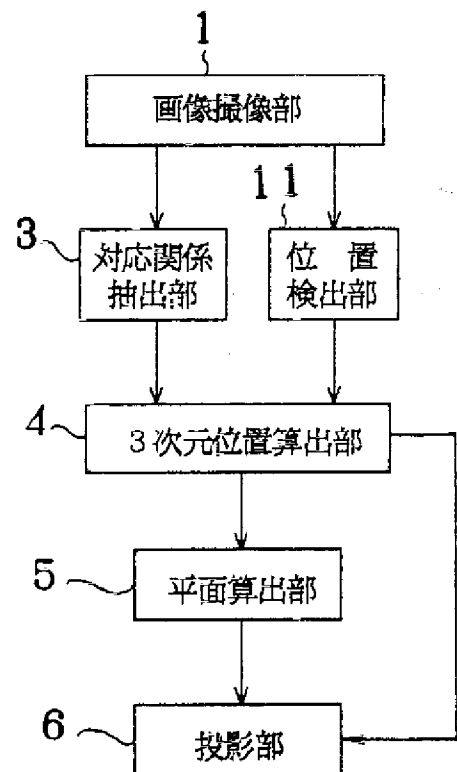
【図8】



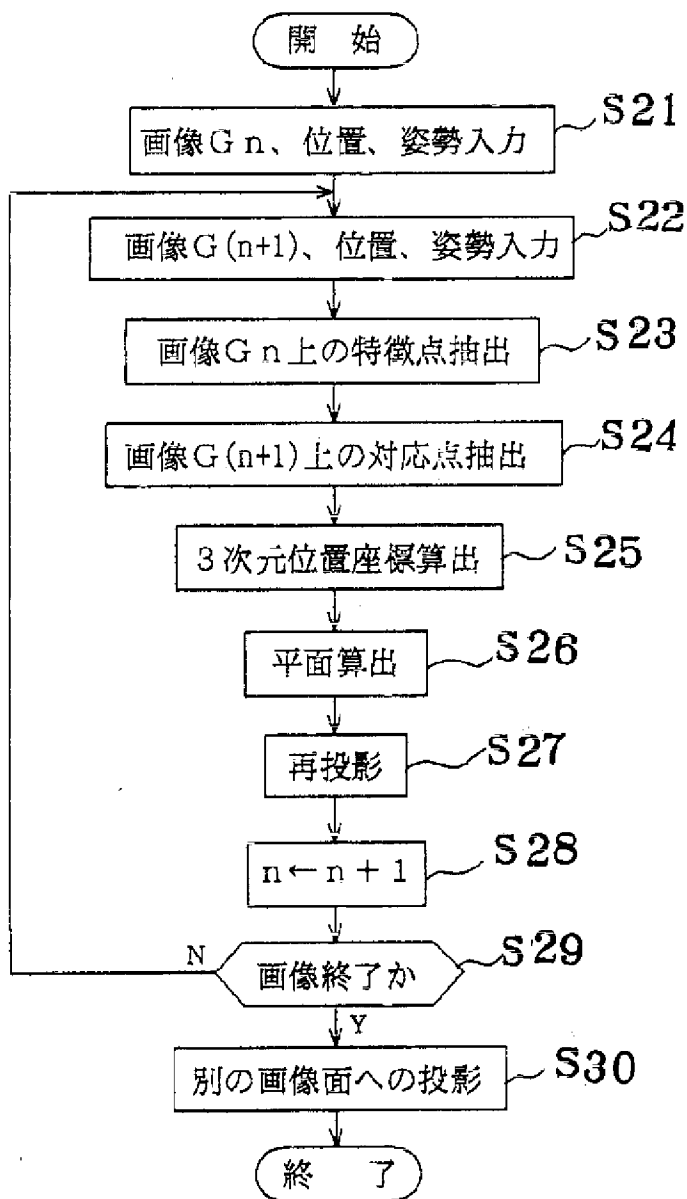
【図10】



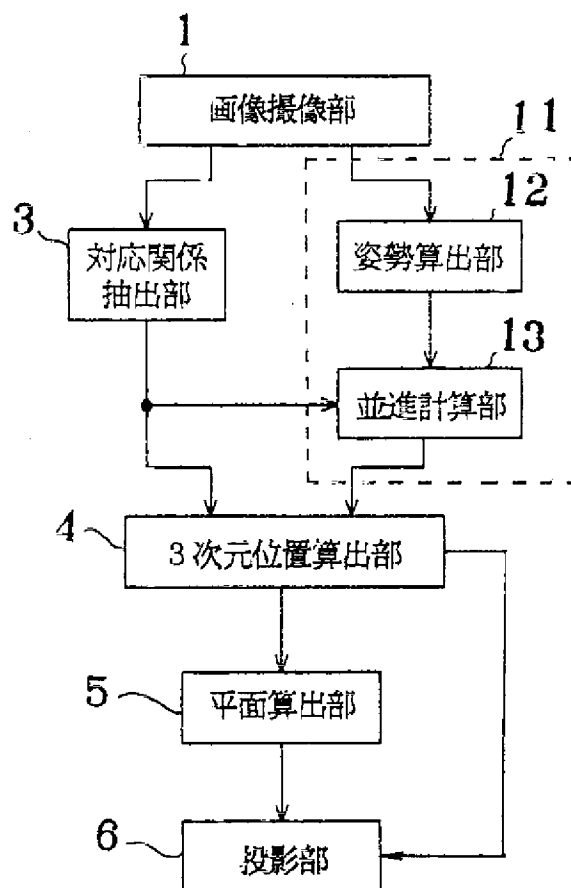
【図12】



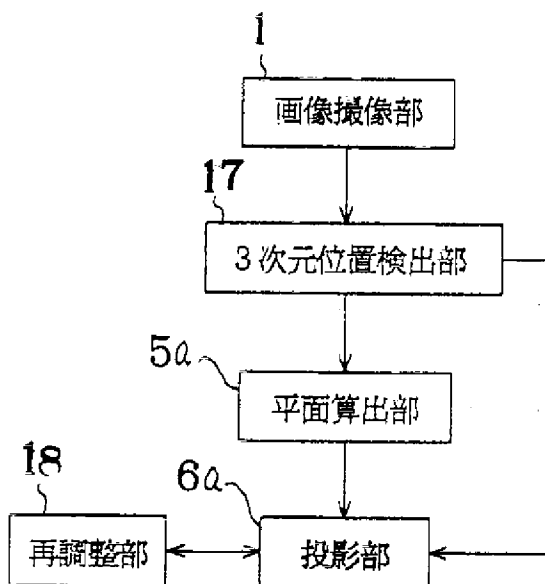
【図13】



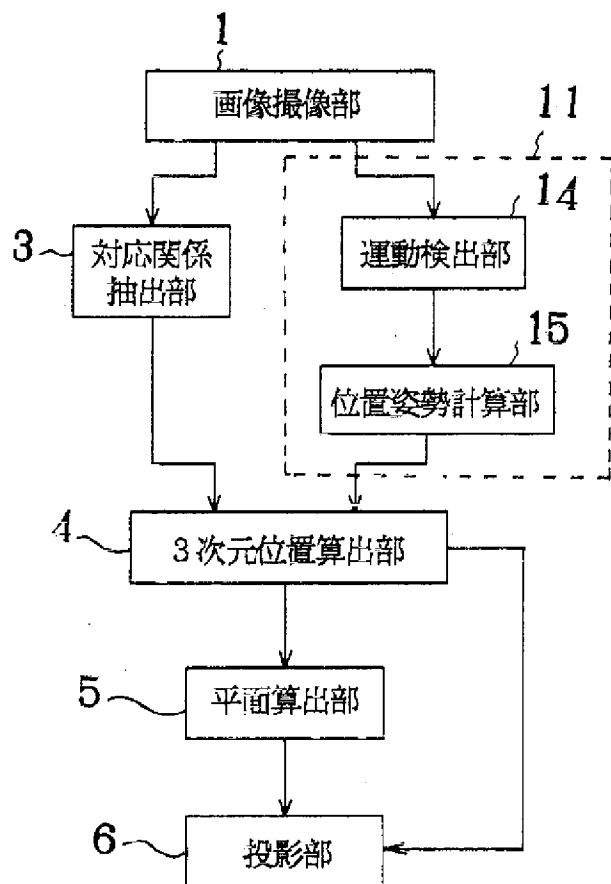
【図14】



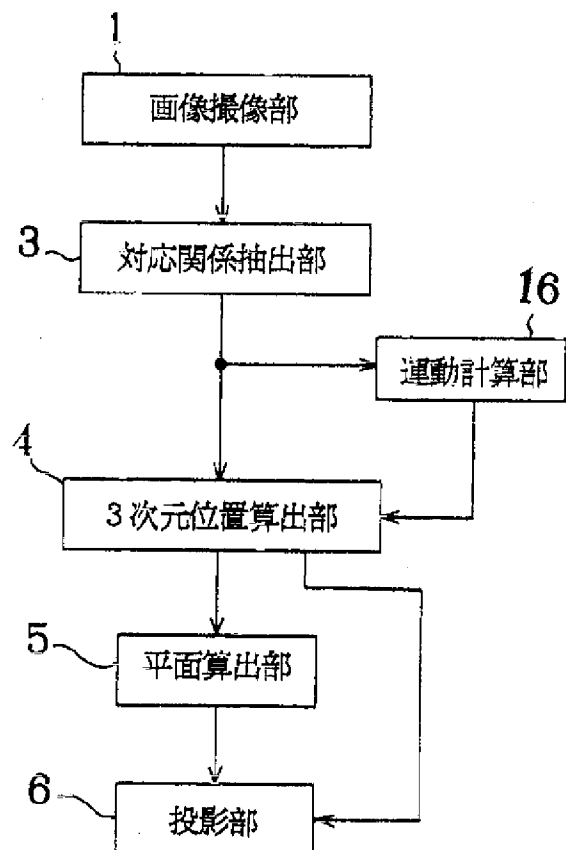
【図18】



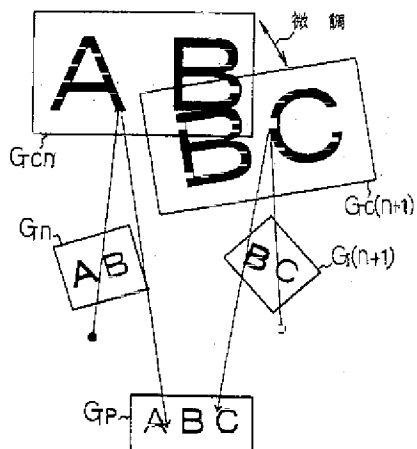
【図16】



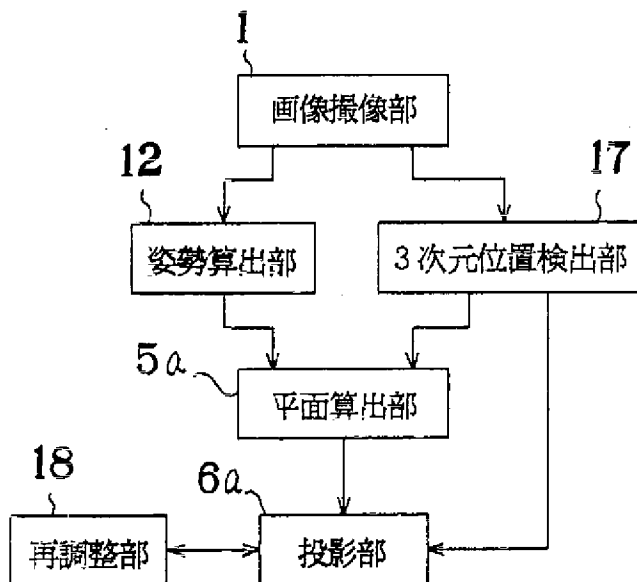
【図17】



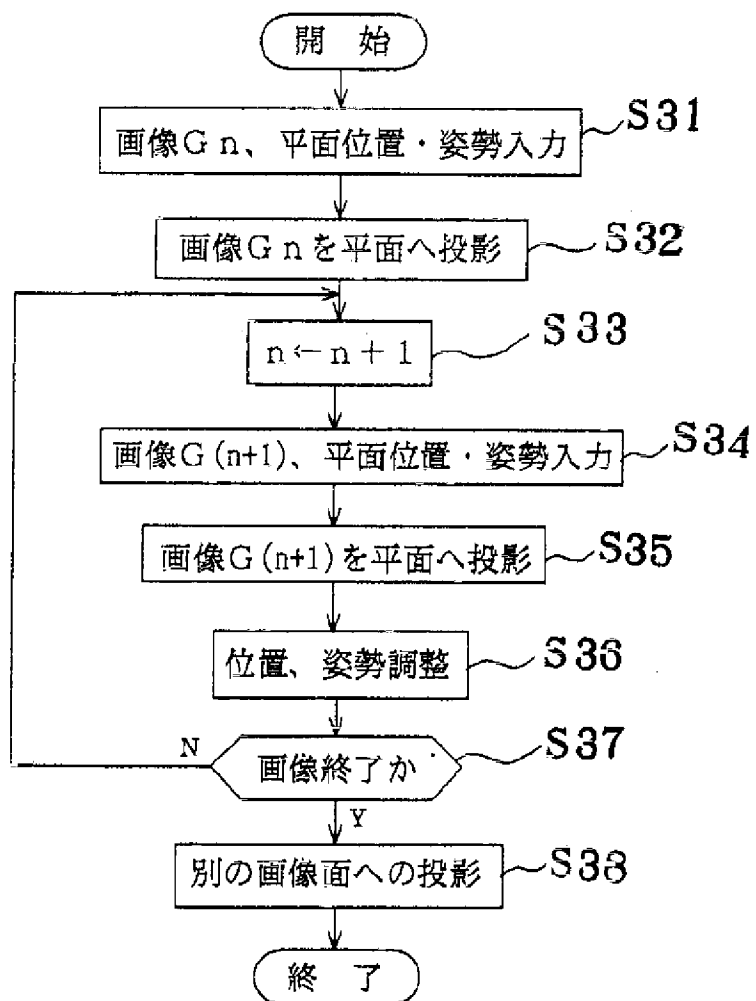
【図19】



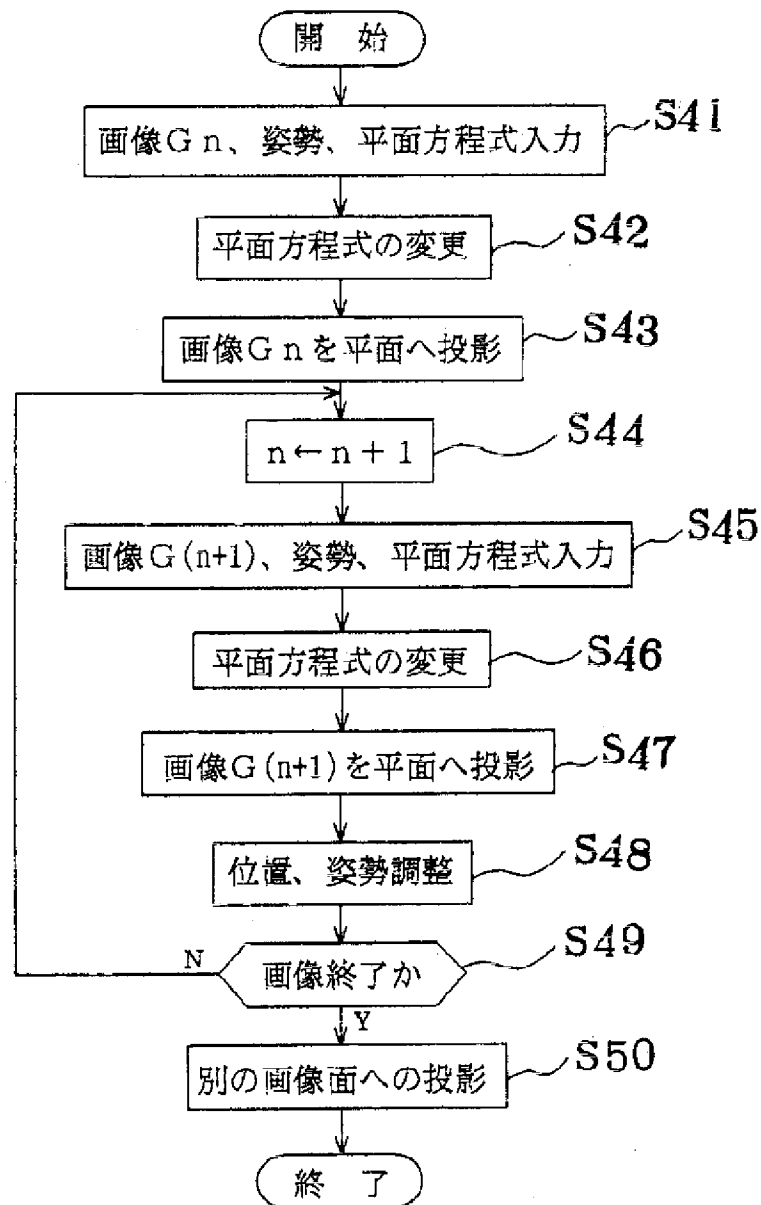
【図21】



【図20】



【図22】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 6 F 15/66

4 7 0 J